

## ТАЛАНТ, ПОМНОЖЕНИЙ НА ПРАЦЬОВИТІСТЬ До 75-річчя президента Російської академії наук академіка Ю.С. Осипова

*Академік Юрій Сергійович Осипов — видатний російський учений та організатор науки, президент Російської академії наук. Його праці з теорії стійкості і стабілізації динамічних систем, математичної теорії керування, обернених задач динаміки, теорії диференціальних ігор, математичного моделювання й оптимізації отримали широке визнання і стали надбанням світової науки. Іноземний член НАН України Ю.С. Осипов віддавна підтримує тісні стосунки з українськими вченими. Його нагороджено найвищою відзнакою НАН України — Золотою медаллю ім. В.І. Вернадського.*

Народився Ю.С. Осипов 7 липня 1936 р. у м. Тобольську Тюменської області. Інтерес до точних наук привів його на фізико-математичний факультет Уральського державного університету. Успішно закінчивши в 1959 р. навчання, юнак певний час працював на одному з підприємств Свердловська, а в 1961 р. повернувся в університет, де був аспірантом, асистентом, доцентом. У 1965 р. захистив кандидатську дисертацію.

У 1970 р. Юрія Сергійовича запросили в Інститут математики і механіки (ИММ) Уральського відділення АН СРСР, а вже через рік він захистив докторську дисертацію. Протягом 1972–1975 рр. Ю.С. Осипов завідував лабораторією, а впродовж 1978–1986 рр. — відділом диференціальних рівнянь Інституту математики і механіки Уральського наукового центру (УНЦ) АН СРСР. До речі, сьогодні він науковий керівник відділу диференціальних рівнянь ИММ РАН.



Юрій Сергійович Осипов

Учений швидко вийшов на позиції лідера, заслужив визнання колег. У 1984 р. Юрія Сергійовича було обрано членом-кореспондентом АН СРСР (Відділення механіки та процесів керування), а в 1987 р. — академіком (Відділення проблем машинобудування, механіки та процесів керування).

Одночасно з науково-дослідницькою він веде велику організаційну роботу. В період 1986–1993 рр. Ю.С. Осипов — директор Інституту математики і механіки АН СРСР, а в 1993–2004 рр. — Математичного інституту ім. В.А. Стеклова РАН. З 1991 р. він — президент Російської академії наук.

Від 1989 р. Ю.С. Осипов читає лекції в Московському державному університеті ім. М.В. Ломоносова, а з 1992 р. очолює в ньому кафедру оптимального керування на факультеті обчислювальної математики і кібернетики.

Основні інтереси вченого: математична теорія керування, диференціальні рівняння та їх застосування. У першому циклі робіт, завершеному в кінці 60-х рр., Юрій Сергійович створив закінчену теорію стабілізації стаціонарних і періодичних динамічних систем, що їх описують диференціально-різницею рівняння із запізнювальним аргументом. Ці результати включають необхідні та достатні умови стабілізації за першим наближенням, у тому числі в низці основних критичних випадків, і містять новий принцип редукції систем із запізненням. У цей же період Ю.С. Осипов разом з О.Б. Куржанським виконав серію робіт, що стосуються оптимального керування за обмежень на фазові координати. Для цього складного для дослідження класу задач отримано важливі результати.

Як зазначає перший учень і колега Юрія Сергійовича академік РАН А.В. Кряжимський, його науковому стилю властиві динамічність і цілеспрямованість. Основні

мотиви, якими він керується у виборі нових завдань, — синтез дисциплін і практичний зміст постановок. Ю.С. Осипов каже учням, що завдань, за які можна братися, мільйон, треба вміти вибирати з них потрібне.

Маючи за плечима визнані роботи в галузі стійкості та стабілізації систем з запізненням, Юрій Сергійович на початку 70-х рр. обрав актуальну диференціально-ігрову тематику. Тоді уральська школа вже була провідною в світі завдяки, передусім, зусиллям її лідера — академіка Миколи Миколайовича Красовського, учителя Ю.С. Осипова. Поряд активно працювали московська школа академіка Льва Семеновича Понтрягіна (Математичний інститут РАН ім. В.А. Стеклова, Московський державний університет ім. М.В. Ломоносова), київська школа академіка НАН України Бориса Миколайовича Пшеничного (Інститут кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України).

Інтенсивні дослідження цих груп сприяли стрімкому розвитку теорії диференціальних ігор. Градус напруги в цей період сягав високих позначок. За спостереженнями учасника наукової «гонки» академіка Е.Ф. Міщенка, майже третина публікацій у математичних журналах СРСР стосувалась теорії диференціальних ігор.

М.М. Красовський установив тепер уже класичне правило екстремального прицілювання, згодом обґрунтував принцип екстремального зсуву, який ліг в основу позиційного диференціально-ігрового формалізму в керуванні з оберненим зв'язком. Ключовий результат теорії — теорема про альтернативу. Суть її в тому, що для довільної початкової позиції гри справедливе одне з двох тверджень: 1) або гравець, зацікавлений у наведенні траєкторії конфліктно-керованого процесу на цільову множину, має обернений зв'язок, який гарантує йому наведення за будь-яких керу-

вань супротивника; 2) або гравець, зацікавлений у відхиленні траєкторії системи від цільової множини, має обернений зв'язок, який гарантує йому відхилення за довільних дій супротивника.

Таким чином, якщо в першого гравця є якийсь спосіб керування, що забезпечує йому зближення, то цією властивістю конче володіє і певний обернений зв'язок. Цей висновок стосується і другого гравця.

Ю.С. Осипов розробив теорію диференціальних ігор для процесів із запізненням. В основу покладено нову позиційну формалізацію ігрових задач динаміки. Ключовий результат теорії — знов-таки твердження про альтернативу. Важливим досягненням став локальний принцип керування системами з запізненням, що узагальнює принцип екстремального зсуву М.М. Красовського. Докторська дисертація Юрія Сергійовича присвячена диференціально-різницеви́м іграм.

Перехід від систем, описаних звичайними диференціальними рівняннями, до тих, які описують диференціально-різницеви́ми із запізнювальним аргументом, був принциповий. Це означало перехід від скінченно- до нескінченно-мірних систем. Згадана обставина зумовила кардинальний характер проблем, що виникли на шляху узагальнення принципу екстремального зсуву і створення Ю.С. Осиповим на цій основі загальної теорії позиційних диференціальних ігор для систем із запізненням. Крім центральної теореми про альтернативу, вона розвиває конструктивні підходи до формування оптимальних обернених зв'язків для типових частинних випадків. Так, правило екстремального прицілювання, обґрунтоване для систем із запізненням, дає можливість першому гравцеві будувати позиційну стратегію гарантованого зближення з цільовою множиною за час першого поглинання за виконання умови регулярності. Ця умова виключає дилему невизначеності за Р. Айзексом.

По суті, перше поглинання означає, що область досягнутості переслідувача вперше поглинає область досягнутості втікача, а регулярність фіксує той факт, що точка дотику границь областей лише одна і нормаль до дотичної гіперплощини в цій точці теж одна. Умова регулярності забезпечує неперервність позиційного керування першого гравця, а значить — існування розв'язку (згідно з Каратеодорі) вихідного диференціального рівняння. Правило екстремального прицілювання «радить» обом гравцям рухатися в ту єдину точку дотику областей — точку екстремального прицілювання, навіть якщо вона змінюється в процесі гри. Правило тісно пов'язане з принципом максимуму Понтрягіна й обґрунтовує, зокрема, закон переслідування за погонною кривою Л. Ейлера, добре відомий проектувальникам ракетної та космічної техніки.

Завершивши дослідження конфліктно-керованих процесів із запізненням, Юрій Сергійович зосередив зусилля на більш загальних нескінченно-мірних керованих системах. Аналіз систем із запізненням показав, що найважливіший методологічний елемент, який визначає побудову теорії ігрового керування нескінченно-мірною динамічною системою, — це завдання метричної структури фазового простору системи в її зв'язку з характером визначених нею локальних трансформацій. Пошуку цього «ключа», розробленню з його допомогою теорії позиційних ігор для нескінченно-мірних керованих систем і присвячено серію робіт ученого.

Студії Ю.С. Осипова 70-х рр. показали, що нескінченно-мірні керовані системи, фазовий простір яких з самого початку нескінченно-мірний, мають особливості, які перешкоджають установленню оптимальних обернених зв'язків і критеріїв розв'язку ігрових задач динаміки. Зокрема, Юрій Сергійович вивчав процеси, що описують лінійні рівняння з частинни-

ми похідними параболічного типу за розподілених керувань. Основна складність, пов'язана з нескінченною розмірністю параболічної системи, полягала в тому, що в її фазовому просторі з сильною функціональною метрикою область досяжності системи не компактна. Подібний ефект має місце у випадку звичайних систем, імпульсних керувань і веде до використання мір, які, в певному сенсі, розв'язують проблему. Знахідкою Ю.С. Осипова, що привела до успіху, став перехід від сильної метрики до слабкої. Роботи цього періоду охоплюють широке коло нескінченно-мірних конфліктно керованих систем: 1) що описують: неоднорідні граничні задачі для різних типів рівнянь математичної фізики; диференціально-функціональні рівняння; абстрактні рівняння з необмеженими операторами; 2) що мають післядію в параметрах керування. Основний напрям цих досліджень — розвиток позиційного підходу в диференціальних іграх, характеристика критеріїв розв'язку задач про гарантоване керування, визначення структури оптимальних обернених зв'язків.

Один із традиційно важких для дослідження класів ігрових задач — ігри з неповною інформацією про фазовий стан системи. Найпопулярніші в цьому напрямі моделі з використанням запізнення інформації про фазовий стан або допущення про відому функцію розподілу фазового стану, що веде до дослідження рівняння Фоккера–Планка–Колмогорова і належить до теорії пошуку рухомих об'єктів.

Ю.С. Осипов і М.М. Красовський запропонували описувати для лінійних систем опуклі інформаційні множини, де перебуває фазовий вектор, за допомогою опорних функцій і вкладати їх у відповідний фазовий простір. Це дало змогу реалізувати схему екстремального зсуву і з її допомогою встановити критерій розв'язання задачі про гарантоване позиційне керування.

Далі Юрій Сергійович прийшов до теорії некоректних задач, яку розвивав відомий учений В.К. Іванов у ІММ УрВ РАН. Ефект регуляризації — позбавлення від нестійкості за малих інформаційних збурень — уже знайшов застосування в методі позиційного керування з «провідником», запропонованому М.М. Красовським. До некоректних задач у теорії керування найближчі обернені задачі керування. Зазвичай вони полягають у знаходженні керування, яке реалізує задану траєкторію системи. При цьому внесення малих збурень у задання траєкторії робить задачу некоректною: збурена траєкторія або не відповідає жодному допустимому керуванню, або породжена керуванням, невідповідним незбуреній траєкторії. Задача потребувала нової техніки регуляризації. Ю.С. Осипов і А.В. Кряжимський знайшли спосіб динамічної регуляризації, відомий як принцип регуляризованого екстремального зсуву. В його основу покладено процедуру керування з «провідником» М.М. Красовського, яку застосовують у теорії позиційних диференціальних ігор. Сенс полягає в суміщенні основного критерію (екстремального зсуву) з додатковим — мінімізації норми миттєвого значення керування. Регуляризований екстремальний зсув — мінімізація сумарного критерію в керуванні — цілком відповідає застосуванню методу регуляризації А.М. Тихонова до правила екстремального зсуву М.М. Красовського. З погляду теорії керування такий зсув дає стабілізацію вздовж руху моделі — деякого функціонала Ляпунова, який в останній момент часу перетворюється майже в апостеріорний функціонал Тихонова.

Розробивши відповідні алгоритмічні схеми, Юрій Сергійович скористався ідеологією регуляризованого екстремального зсуву в розв'язанні широкого кола екстремальних задач і нелінійних задач оптимального керування.

У різні часи Ю.С. Осипов отримав низку оригінальних результатів у суміжних напрямках. Так, він виконав кілька робіт з оптимізації форм, де, зокрема, дав відповідь на питання про існування оптимуму, яке поставив відомий французький математик Ж.-Л. Ліонс.

Останнім часом учений зосередився на вивченні гранично-керованих динамічних систем, що описують параболічні рівняння, — це задачі стійкого динамічного обернення, здійснення запланованого руху і гарантованого керування.

У сфері позиційного керування Юрій Сергійович розробив новий підхід до розв'язання задач керування за умов неповної інформації про фазовий стан. Ключове поняття цього підходу — «пакети програм», що являють собою аналоги абстрактних керувальних процедур, відомих як неупереджені програмні реакції або квазістратегії. У термінах таких пакетів програм формулюють повний критерій розв'язності задачі позиційного керування з неповною інформацією.

Талановитий математик-теоретик Ю.С. Осипов звертався і до прикладної тематики, пов'язаної зі створенням зразків нової техніки. У 60-ті рр. він виконав цикл досліджень, що стосуються плавності та стійкості руху транспортних засобів спеціального призначення, на основі яких сконструювали і запровадили в серійне виробництво регульовану пневматичну підвіску й опорно-зчеплені пристрої принципово нового типу, що забезпечують потрібні характеристики руху. В 70–80-ті рр. Юрій Сергійович керував дослідно-конструкторськими роботами, пов'язаними зі створенням літальних апаратів.

Сьогодні в Росії зріс науковий інтерес до створення сучасної техніки спеціального призначення, пов'язаної з керуванням рухомими об'єктами. Його активно підтримує президент РАН Юрій Сергійович Осипов. Як, до речі, і президент Національної академії наук України Борис Євгенович Па-

тон підтримує дослідження, що стосуються авіакосмічної галузі. Сучасні комп'ютерні технології відкривають нові можливості для широкого кола складних задач прикладної математики, даючи змогу проводити надскладні обчислення за допомогою кластерів з використанням ідеї розпаралелювання процесів.

Академік Ю.С. Осипов заснував відому в світі наукову школу, до якої належать колективи Математичного інституту РАН ім. В.А. Стеклова, Інституту математики і механіки УрВ РАН, факультету обчислювальної математики і кібернетики МДУ ім. М.В. Ломоносова. Серед його учнів — академік РАН, десятки докторів і кандидатів наук. Юрій Сергійович — автор кількох сотень праць, зокрема монографій та підручників, більшість з яких видано або перекладено за кордоном.

Представників уральської наукової школи, де шліфувався талант Ю.С. Осипова, й українських учених, зокрема з Інституту кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України, пов'язують давні стосунки. Ще з початку роботи школи М.М. Мойсеєва з оптимізації в Тирасполі (1969), у якій брали участь М.М. Красовський, А.І. Субботін, Б.М. Пшеничний, В.Є. Третьяков (нині ректор Уральського університету), В.С. Михалевич (директор Інституту кібернетики протягом 1981–1994 рр.), почалася плідна співпраця в галузі математичної теорії керування, теорії диференціальних ігор.

Величезне значення для обміну думками мали знамениті Уральські зимові математичні школи за участю Юрія Сергійовича в с. Коуровка (1972), м. Гусь-Хрустальний (1973). Зібрання, де обговорюють проблеми оптимізації та керування, проводять щорічно і в Україні. Це Кримська осіння математична школа (с. Батиліман), школа «Питання оптимізації обчислень» (с. Кацівелі). Дуже запам'яталися представницькі міжнародні конференції «Стохастична опти-

мізація» (Київ, 1984), конференція з прикладної математики, присвячена 65-річчю з дня народження Б.М. Пшеничного (Київ, 2002), у яких брали участь колеги й учні Ю.С. Осипова. Тісна співпраця між представниками наукової школи і колегами Юрія Сергійовича (московськими та екатеринбурзькими дослідниками) і колективом Інституту кібернетики НАН України триває у спільних студіях і проектах.

У 1976 р. за праці в галузі математичної теорії керування Ю.С. Осипову в складі авторського колективу присуджено Ленінську премію. У 1993 р. за роботи з прикладної математики Юрій Сергійович удостоєний Державної премії РФ у галузі науки і техніки. Він нагороджений орденами Трудового Червоного Прапора, «За заслуги перед Вітчизною» II і III ступенів, Золотою медаллю РАН ім. Л. Ейлера за видатні результати в галузі математики і фізики, Золотою медаллю ЮНЕСКО ім. А. Ейнштейна за видатний внесок у теорію керування.

Цілком природно, що в 2007 р. ювіляр став лауреатом Золотої медалі ім. В.І. Вернадського НАН України за розвиток теорії оптимального керування, теорії стабілізації руху нелінійних систем та їх застосувань — найвищої нагороди Академії наук України.

Він очолює Комітет при Президенті РФ з Державних премій РФ у галузі науки і техніки, Комісію з обчислювальної техніки, Міжвідомчу комісію Росії з космосу; належить до Ради Безпеки РФ, Президії Російського національного комітету з теоретичної і прикладної механіки; працює заступником голови Ради при Президентові РФ з науки і високих технологій.

Ю.С. Осипов — головний редактор часопису «Обчислювальна математика і математична фізика» РАН, Великої російської енциклопедії, наукового і суспільно-політичного журналу «Вісник Російської академії наук», щорічника «Наука і людство», іноземний член багатьох академій, зокрема НАН України.

Юрій Сергійович зустрічає знаменний ювілеєм на злеті творчої діяльності, у вирі наукового і суспільно-політичного життя. Вітчизняна наукова громадськість, колеги й учні щиро і бажаюють йому міцного здоров'я, невичерпної енергійності, здійснення всіх задумів і нових творчих злетів.

**Іван СЕРГІЄНКО,**  
академік НАН України,  
директор Інституту кібернетики  
ім. В.М. Глушкова,  
Аркадій ЧИКРІЙ,  
член-кореспондент НАН України,  
завідувач відділу оптимізації керованих  
процесів цього ж інституту